



bu bir MMO
yayıdır

MMO, bu makaledeki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan ve basım hatalarından sorumlu değildir.

Soğutucu Maddelerle İlgili Dünyada ve Türkiye'deki Gelişmeler

Erkut BEŞER

TEBA ENTE A.Ş.

SOĞUTUCU MADDELERLE İLGİLİ DÜNYADA VE TÜRKİYE'DEKİ GELİŞMELER

Erkut BEŞER

ÖZET

19. yüzyılın ikinci yarısında ortaya çıkan soğutma sanayiinde ilk zamanlar karbondioksit, hava su, amonyak gibi doğal maddeler soğutucu olarak kullanılmıştır. Zamanla yapay olarak elde edilen kloroflorokarbon ve hidrokloroflorokarbonlar bu maddelerin bir kısmının yerini almış ve yoğun şekilde kullanılmıştır. Başlıca yapay soğutucular R11, R12, R22, R502 dir.

Bu maddelerin zaman içerisinde çevreye atılması ve atmosfere karışması, çevre kirlenmesine, atmosferde sera etkisinin artmasına ve ozon tabakasının tahribatına sebep olmuştur. Özellikle canlıları zararlı güneş ışınlarından koruyan ozon tabakası soğutucu maddelerin yapısında bulunan klor ve brom atomlarının serbest kalıp zayıf ozon moleküllerini parçalamasıyla tahrip olmaktadır.

Ozon tabakasının tahrip olması tüm dünyada önemle ele alınmış ve ülkeler bu tahribatı önlemek için birlikte harekete geçmişlerdir. Bu hareketin prensipleri 1987 yılında 43 ülke tarafından imzalanan Montreal Protokolü ile tesbit edilmiştir. Bu protokole göre tüm ülkeler ozon tahribatı yaptığı tesbit edilen soğutucu maddelerin ve farklı sanayi kollarında kullanılan benzer etkileri olan maddelerin üretim ve tüketimini azaltacak ve belirli bir takvim içerisinde sonlandıracaklardır. Türkiye'nin de içerisinde bulunduğu gelişmekte olan ülkeler (Montreal Protokolü'ne göre "5. madde ülkeleri") için bu takvim gelişmiş ülkeler için belirlenen takvimden biraz daha uzun tutulmuştur.

Bu maddelerin yerine kullanılacak birçok zararsız alternatif madde de şimdiden bulunmuş ve hala yeni maddelerin araştırılmasına devam edilmektedir. Alternatif maddelerin başlıcaları R134a, R404A, R407A, R410A, R22 ile doğal maddelerden hidrokarbonlar (propan, bütan) ve amonyaktır.

Yeni imal edilecek soğutma cihazları bu alternatiflere göre tasarlanmaktadır. Alternatif maddelerin termodinamik ve fiziksel özellikleri mevcutlardan farklı olduğundan sistem elemanları ve kompresör yağları da bu özelliklere uyacak şekilde yeniden tasarlanmakta ve imal edilmektedir.

Mevcut tesislerdeki yasaklanmış maddelerin zararsız alternatifler ile değiştirilmesi ise özellikle yağ seçimi ve mevcut sistem elemanları ile yeni maddenin uyumu konusunda dikkat gerektirmektedir.

Türkiye'de Montreal Protokolü Çerçevesinde Ozonu tahrip eden maddelerin kullanımının azaltılması ile ilgili çalışmalar Çevre Bakanlığı ve Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV) tarafından koordine edilmektedir. Özellikle TTGV OTİM'lerin (Ozon Tabakasını İncelten Madde) azaltılmasına yönelik dönüşüm projelerinin hazırlanması (alternatif maddelerin ve teknolojilerin dönüşümü) Dünya Bankası aracılığı ile Montreal Protokolü Yürütme Kuruluna projelerin sunulması ve Çok Taraflı Fon'dan kaynak sağlanması, onaylanan projelerin uygulanmasının takibi gibi çalışmalarda öncü rolü üstlenmiştir.

GİRİŞ

Hava, su ve toprak kirliliği tüm canlıları doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen ve değişik şekillerde ortaya çıkan kirlilik türleridir. Çeşitli sanayi sektörlerinde kullanılan bir çok yapay veya doğal maddenin proses içerisinde tekrar kullanılmaması ve çevreye atılması yüzünden yıllardır doğal çevre kirlenmiştir. Kirliliğin sebep olduğu çevre sorunlarının artması ile birlikte son yıllarda tüm Dünyada çevreyi tahrip eden maddeler ve prosesler üzerinde yoğun araştırmalar başlatılmıştır. Bu araştırmalar neticesinde soğutma ve klima sektöründe kullanılan soğutucu maddeler ile çeşitli sanayi kollarında kullanılan CFC (kloroflorokarbon) içeren maddelerin ozon tahribatı ve çevreye olan etkileri ağırlıklı olarak gündeme gelmiştir.

Bu yazıda soğutucu maddelerin tanıtımı, tarihçesi, başta ozon tahribatı olmak üzere çevre etkileri, ozon tahribatının ortaya çıkarılması ve tahribatın oluşması ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. Konu ile ilgili anlaşmalar ve ülkelerin yaklaşımları ile birlikte Türkiye'deki durum da yansıtılmaya çalışılmıştır. Çevre etkisi açısından daha az zararlı alternatifler tanıtılmış ve seçim kriterleri üzerinde durulmuştur. Son bölümde çeşitli ülke politikalarından örnekler verilerek şu an gelinen nokta ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

Ozon tahribatı ve çevreye olan olumsuz etkileri yüzünden Montreal Protokolü ile üretim ve kullanımları denetim altına alınan maddeler, kloroflorokarbonlar (CFC), karbontetraklorür, halonlar, metilkloroform, hidrobromoflorokarbonlar (HBFC) metilbromür, ve hidrokloroflorokarbonlardır. Bunlardan sadece soğutma ve klima sektöründe kullanılan CFCler, HCFC'ler ve halonların bir kısmı bu yazının kapsamında detaylı olarak incelenecektir. Soğutma sektörü haricinde diğer sanayi sektörlerinde itici, köpük şişirici, çözücü ve yangın söndürücü olarak kullanılan maddeler bu yazının kapsamı dışında bırakılmıştır.

SOĞUTUCU OLARAK KULLANILAN MADDELER

Soğutma amacıyla yıllardır değişik fiziksel ve kimyasal özellikte madde kullanılmıştır. Bunlar arasında su, karbondioksit, amonyak gibi doğal maddelerin yanısıra yapay maddeler de yer almıştır.

Soğutma amaçlı ilk makinalarda (1834 yılında Perkins ve daha sonra 1856'da Harrison tarafından geliştirilen) soğutucu olarak eter kullanılmıştır. Bu ne amaca uygun ne de yeteri kadar güvenli olmuştur. 1870'lerde karbondioksit (CO₂), amonyak (NH₃) ve kükürtdioksit (SO₂) gibi daha uygun maddelerin soğutucu olarak kullanılabileceği keşfedilmiştir. Bu soğutucular uzun yıllar yapay maddeler çıkana kadar kullanılmıştır.

En eski yapay soğutuculardan olan R 12 (CFC12), 1930'lu yıllardan itibaren piyasaya yerleşmiştir. Özellikle 2. Dünya Savaşı'ndan sonra CFC'ler (Kloroflorokarbonlar) ve HCFC'ler (Hidrokloroflorokarbonlar) piyasaya hakim olmuştur. Amonyak sadece büyük soğutma tesislerinde kullanılmaya devam etmiştir.

CFC'ler ve HCFC'ler 1974 yılında ortaya atılan ozon tahribatı teorisine kadar hakimiyetlerini sürdürmüşlerdir. Ozon tahribatı ile ilgili ilk bulgular ortaya çıktığında en yaygın kullanılan soğutucular R 11 (CFC11), R 12 (CFC12), R 22 (HCFC22) ve R502 idi. 1980'li yıllardan itibaren ozon tahribatı yapmayan alternatif soğutucuların kullanılmasına yönelik araştırmalar başlamıştır.

Aşağıda, bu güne kadar kullanılmış, hala kullanılmakta olan ve gelecekte alternatif olarak kullanılacak tüm soğutucu maddeler, saf maddeler ve karışımlar olarak başlıca iki grup halinde listelenmiştir. Tablo 1'de saf olarak kullanılan başlıca soğutucu maddelerin kimyasal tanımları ve kimyasal formülleri verilmiştir. Bu tabloda geleneksel soğutucu maddeler ve yerlerine kullanılması önerilen alternatifler bir

arada gösterilmiştir. Tablo 2'de ise yine geleneksel olarak kullanılan ve alternatif olarak önerilen karışım halindeki soğutucu maddeler yer almaktadır.

Tablo 1. Başlıca Saf Soğutucu Maddeler

Soğutucu Madde	Kimyasal Tanımı	Kimyasal Formülü	Notlar
R 11 (CFC11)	Triklorflormetan	CFCL3	*
R 12 (CFC12)	Diklorflormetan	CF2CL2	*
R 13 (CFC13)	Klortriflormetan	CCLF3	*
R 13B1 (BFC13)	Bromtriflormetan	CBRF3	*
R 22 (HCFC22)	Klordiflormetan	CHF2CL	**
R 23 (HCF23)	Triflormetan	CHF3	***
R 32 (HCF32)	Diflormetan	CH2F2	***
R113 (CFC113)	Triklortrifloreten	C2F3CL3	*
R114 (CFC114)	Diklortetrafloretan	C2F4CL2	*
R115 (CFC115)	Klorpentafloretan	C2F5CL	*
R123 (HCFC123)	Diklortrifloreten	C2HF3CL2	***
R125 (HFC125)	Pentafloretan	CF3CHF2	***
R134a (HCF134a)	Tetrafloretan	C2H2F4	***
R141b (HCFC141b)	Flordikloreten	C2CL2FH3	***
R143a (HFC143a)	Trifloreten	CF3CH3	***
R152a (HCF152a)	Difloreten	C2H4F2	***
R290 (HC290)	Propan	C3H8	***
R600 (HC600)	Bütan	CH3CH2CH2CH3	***
R600a (HC600a)	İzobütan	CH(CH3)3	***
R717	Amonyak	NH3	***
R718	Su	H2O	***
R744	Karbondioksit	CO2	***
R764	Sülfürdioksit	SO2	***

Tablo 2. Karışım ile elde edilmiş başlıca Soğutucu Maddeler

Soğutucu Madde	Bileşimi (Ağırlıkça)	Notlar
R401A	% 52 R 22 + % 33 R 124 + % 15 R152a	**
R402A	% 38 R 22 + % 60 R 125 + % 2 R290	**
R404A	% 44 R 125 + % 4 R 134a + % 52 R143a	***
R407A	% 20 R 32 + % 40 R 125 + % 40 R 134a	***
R407B	% 10 R 32 + % 70 R 125 + % 20 R 134a	***
R407C	% 23 R 32 + % 25 R125 + % 52 R134a	***
R410A	% 50 R 32 + % 50 R 125	***
R500	% 73.8 R 12 + % 26.2 R152a	*
R502	% 51.2 R 115 + % 48.8 R 22	*
R507	% 50 R 125 + % 50 R143a	***

* Montreal Protokolü kapsamında üretimi ve kullanımı yasaklanan veya kısıtlamaya tabi tutulan soğutucu maddeler.

** Montreal Protokolü kapsamında henüz üretimi ve kullanımı yasaklanmayan, kısıtlamaya tabi tutulan maddeler, geçiş dönemi alternatif soğutucu maddeleri.

*** Montreal Protokolü kapsamında kullanımı yasaklanan veya kısıtlamaya tabi tutulan soğutucu maddelere alternatif maddeler.

Bu maddelerden bir bölümünün bazı önemli özellikleri de aşağıda verilmiştir:

R11:

R11 (CCl_3F) düşük basınçlı ($0^{\circ}C$ 'de 0.40 bar) bir soğutucudur. Ağırlıklı olarak 350 kw - 10.000 kw soğutma kapasitesi aralığında olan santrifüj su soğutucu ünitelerde (chiller) kullanılmaktadır. Bütün dünyada 60.000 adet su soğutucu ünite R11 kullanıldığı tahmin edilmektedir. Ozon tahribatı nedeniyle üretimi durdurulmuştur. Yanmaz ve kokusuzdur.

R12:

R12 (CCl_2F_2) ağırlıklı olarak ev tipi soğutucularda ve araç klimalarında kullanılmaktadır. Dünyada bu güne kadar kullanılan tüm CFC ve HCFC içeren soğutucu maddelerin %60'ını R12 oluşturmaktadır. Hacimsel soğutma kapasitesi R22'nin ve amonyağın % 60'ı kadardır. Alternatif olarak yerine R134a da kullanılmaktadır. Yanmaz ve kokusuzdur.

R13:

R13 ($CCIF_3$), $-70^{\circ}C$ ile $-45^{\circ}C$ arasında kullanılan düşük sıcaklık soğutucusudur. Az sayıda endüstriyel soğutma tesisinde kullanılmaktadır.

R13B1:

R13B1 ($CBrF_3$), $-70 / -45^{\circ}C$ aralığında endüstriyel soğutucularda kullanılmaktadır. Yüksek ozon tüketme kapasitesi nedeniyle Montreal Protokolü kapsamında üretimi ve tüketimi tamamen durdurulmuştur.

R22:

R22 ($CHClF_2$), dünyada bu güne kadar kullanılan tüm CFC ve HCFC toplamının % 30'unu oluşturmaktadır. Hemen hemen tüm soğutma alanlarında kullanılmaktadır. Düşük ozon tüketme katsayısı (0.055) nedeniyle 2030 yılına kadar kullanılabilir. CFC içeren soğutucu maddelere alternatif olarak da kullanılmaktadır.

R23:

R23 (CHF_3), Düşük sıcaklık soğutucusudur. R13 için alternatif olarak kabul edilmiştir. R23 oldukça yüksek sera etkisine sahiptir. Bu etki R12'ye göre 3 kat fazladır.

R114:

R114 ($CCIF_2$), yanmayan ve zehirli özelliği olmayan bir soğutucu maddedir. $80^{\circ}-120^{\circ}C$ arasında endüstriyel ısı pompalarında kullanılmaktadır.

R123:

R123 ($CHCl_2CF_3$) santrifüj soğutucu ünitelerde kullanılan ve R11'e en uygun olan alternatif soğutucu maddedir. R11'e göre metalik olmayan malzemeleri etkileme gücü daha fazladır. Dolayısı ile R123'e geçişte tüm kauçuk esaslı malzeme değiştirilmelidir. R11'e göre daha düşük enerji verimine sahiptir.

Zehirleyici özelliği nedeniyle kullanıldığı ortamda ek tedbirler gerektirmektedir. 8 saat boyunca maruz kalınacak maksimum doz 10 ppm'dir.

R134a:

R134a ($\text{CF}_2\text{CH}_2\text{F}$), termodinamik ve fiziksel özellikleri ile R12'ye en yakın soğutucudur. Halen ozon tüketme katsayısı 0 olan ve diğer özellikleri açısından en uygun soğutucu maddedir. Araç soğutucuları ve ev tipi soğutucular için en uygun alternatiftir. Ticari olarak ta temini olanaklıdır. Yüksek ve orta buharlaşma sıcaklıklarında ve/veya düşük basınç farklarında kompresör verimi ve sistemin COP (coefficient of performance) değeri R12 ile yaklaşık aynı olmaktadır. Düşük sıcaklık için çift kademeli sıkıştırma gerekmektedir. R134a, mineral yağlarla uyumlu olmadığından poliolester veya polioliakalinglikol bazlı yağlarla kullanılmalıdır.

R143a:

R143a (CF_3CH_3), R502 ve R22 için uzun dönem alternatifi olarak kabul edilmiştir. Amonyak kullanımının uygun olmadığı düşük sıcaklık uygulamalarında kullanılmaktadır. Yanıcı özelliğe sahip olduğundan dönüşüm ve yeni kullanımlarda güvenlik önlemleri göz önünde tutulmalıdır. Sera etkisi R134a'ya göre iki kat daha fazladır. R125 R134a ile birlikte değişik oranlarda kullanılarak R502 alternatifi karışımlar (R404A gibi) elde etmek için kullanılmaktadır.

R125:

R125 (CF_3CHF_2) R502 ve R22 için uzun dönem alternatifi olarak kabul edilmiştir. R143 gibi amonyak kullanımının uygun olmadığı düşük sıcaklıklar için düşünülmüştür. Yanma özelliği yoktur. Ancak sera etkisi R134a'dan iki kat daha fazladır. R134a, R143a veya R32 ile (örneğin R404A veya R407A gibi) değişik oranlarda kullanılarak R502 alternatifi karışımlar elde edilmektedir.

R152a:

Ozon tahribatına neden olmayan ve sera etkisi çok düşük olan (R12'nin % 2 si kadar) R152a ($\text{C}_2\text{H}_4\text{F}_2$) ısı pompalarında R12 ve R500 için alternatif olarak kabul edilmiştir. R12 ve R134a'dan daha iyi COP'a sahip olan R152a mineral yağlarla da iyi uyum sağlamaktadır. Yanıcı ve kokusuz olan R152a zehirleyici özellik göstermez. Termodinamik ve fiziksel özellikleri R12 ve R134a'ya çok yakındır. Bu yüzden dönüşümlerde kompresörde herhangi bir modifikasyona gerek kalmaz. Hacimsel soğutma kapasitesi R12'den % 5 daha düşüktür.

R401A:

R22, R124 ve R152a'dan oluşan (ağırlıkça sırasıyla % 52/33/15 oranında) ve R12 için alternatif kabul edilen zeotropik bir karışımdır. HCFC içerdiğinden nihai bir alternatif olmayıp 2030 yılına kadar kullanılabilir. Bu soğutucu DUPONT tarafından SUVA MP39 adıyla piyasaya sunulmuştur.

R402A:

R22, R125 ve R290'dan oluşan (ağırlıkça sırasıyla % 38/60/2 oranında) ve R502 için alternatif olarak kabul edilen zeotropik bir karışımdır. HCFC içerdiğinden nihai bir alternatif olmayıp 2030 yılına kadar kullanılabilir. Bu soğutucu DUPONT tarafından SUVA HP80 adıyla piyasaya sunulmuştur.

R404A:

R125, R134a ve R143a'dan oluşan (ağırlıkça sırasıyla % 44/4/52 oranında) ve R502 için alternatif olarak kabul edilen zeotropik bir karışımdır. HCFC içerdiğinden nihai bir alternatif olmayıp 2030 yılına kadar kullanılabilir. Bu soğutucu DUPONT tarafından SUVA HP62 ve ELF-ATOCHEM tarafından FORANE FX70 adıyla piyasaya sunulmuştur.

R407A / R407B / 407C:

R407A/R407B/R407C R32, R125 ve R134a'dan oluşan (ağırlıkça sırasıyla % 20/40/40, % 10/70/20 ve % 23/25/52 oranlarında) ve R502 için alternatif olarak kabul edilen zeotropik karışımlardır. Bu

soğutucular ICI tarafından KLEA 60, KLEA 61 VE KLEA 66 ve DUPONT tarafından SUVA AC9000 (R407C) adlarıyla piyasaya sunulmuştur.

R410A:

R32 ve R125'ten oluşan (ağırlıkça % 50/50 oranında) ve R22 için alternatif olarak kabul edilen yakın azeotropik bir karışımdır. Teorik termodinamik özellikleri R22 kadar iyi değildir. Ancak ısı transfer özelliği oldukça iyidir. R22 - R410A dönüşümünde sistemin yeniden dizayn edilmesi gerekmektedir. Bu değişim yapıldığı takdirde sistem verimi R22'ye göre % 5 daha iyi olmaktadır. Sera etkisinin yüksek olması en büyük dezavantajdır. Bu soğutucu ALLIED SIGNAL tarafından GENETRON AZ20 adıyla piyasaya sunulmuştur.

R500:

R500, R12 ve R152a'dan oluşan bir azeotropik karışımdır. Karışım oranı ağırlıkça %73.9 R12, %26.2 R152a'dır. Düşük oranda R12'ye alternatif olarak kullanılmaktadır. R12'ye göre daha iyi COP değerine ve %10-15 daha yüksek hacimsel soğutma kapasitesine sahiptir.

R502:

R502, R22 ve R115'ten oluşan azeotropik bir karışımdır. Karışım oranı ağırlıkça %48.8 R22, %51.2 R115'tir. En çok kullanıldığı alan soğuk taşımacılık ve ticari soğutuculardır. CFC içerdiğinden üretimi durmuştur. Düşük sıcaklıklarda yüksek hacimsel soğutma kapasitesine sahiptir. -20 -40°C aralığında R22'den %1 ile %7 arasında daha yüksek olmaktadır. COP değeri çalışma koşullarına bağlı olarak R22'den %5-15 daha düşüktür. (3)

R507:

R507 R125 ve R134a'dan oluşan (ağırlıkça % 50/50 oranında) R502 için kabul edilen bir alternatiftir. Bu soğutucu ALLIED SIGNAL tarafından GENETRON AZ50 adıyla piyasaya sunulmuştur.

DOĞAL SOĞUTUCULAR

Değişik fiziksel özelliklerde birçok doğal madde soğutucu olarak kullanılmaktadır. Bunlar arasında su, hava, helyum, nitrojen, hidrokarbonlar, amonyak ve karbondioksit sayılabilir. Düşük kaynama sıcaklığına sahip helyum, hava, nitrojen ve metan yaygın olarak düşük sıcaklık uygulamalarında kullanılmaktadır. Orta sıcaklık uygulamasında enerji kaybı çok olduğundan mevcut ekipmanlarla kullanımı uygun değildir. Klasik soğutma sistemlerinde -40° C ile +40°C arasındaki buharlaşma sıcaklıklarında kullanılabilen üç soğutucu madde mevcuttur.. Amonyak, hidrokarbonlar (örneğin, propan ve karışımları) ve karbondioksit.

Amonyak: (NH₃)

Termodinamik ve çevresel etki özellikleri yönünden oldukça önemli bir soğutucudur. Ekonomik olması ve kolay temin edilebilir olması da ayrı bir avantajdır. Ozon tabakasına zarar vermeyen ve sera etkisi olmayan Amonyak CFC içeren soğutucu maddelere önemli bir alternatiftir. Ancak zehirli etkiye sahip olması ve yanabilir olması kullanım alanını büyük endüstriyel tesislerle sınırlı tutmaktadır. Birçok ülkede, daha küçük tesislerde ve hermetik kompresörlerde kullanımları için çalışmalar sürdürülmektedir. En yaygın kullanım alanı orta ve büyük kapasitedeki soğutucu üniteler, dondurucular ve soğuk hava tesisleridir. Tüm dünyada kolaylıkla temin edilebilen ve CFC ve HCFC içeren soğutucu maddelere uzun dönemde de alternatif olabilecek bir soğutucudur. R134a'ya göre fiyatı 25 kat daha ucuzdur. -30°C /-40°C (buharlaşma ve yoğuşma) sıcaklıklarında performansı R12 ve R22'ye göre %3-4, R134a'ya göre ise %7 daha iyidir. Hacimsel soğutma kapasitesi (kJ/m³) R22 ile yaklaşık aynı, R12 ve R134a'dan % 40 daha yüksektir. Düşük buharlaşma sıcaklıklarında çift kademeli kompresör gerekmektedir. Böyle durumlarda verim % 30-35, ilk yatırım maliyeti ise % 15-20 artmaktadır. Nemli ortamda bakır ve bakır alaşımlarına uyumlu değildir. Motor sarımlarına zarar vereceğinden açık kompresörlerde kullanılmaları uygundur. Soğutucu madde dönüşümlerinde sadece çelik ve alüminyum parçalardan oluşan tesislerde kullanılabilir. Mineral yağla kullanımı uygun değildir. Düşük mol

ağırlığından dolayı santrifüj kompresörlerde kullanılması uygun değildir. Isı iletkenliğinin yüksek olması daha düşük serpantin ve daha küçük boru çaplarına izin verir. Yanma özelliğine sahip olmasına rağmen (alev alma sıcaklığı 630°C) kokusunun kolay hissedilmesi tehlikeli konsantrasyonlara ulaşmadan tedbir alınmasına olanak sağlamaktadır.

Hidrokarbonlar:

Hidrokarbonlar ozon tabakasına zarar vermemeleri ve çok düşük sera etkileri nedeniyle, özellikle R502, R22 ve R12 için önemli alternatiflerdir. Bu grupta yer alan maddeler;

Propan, İzobütan ve Bütandır. Yüksek yanıcılık özellikleri kullanım alanlarının çok yaygınlaşmasına engel olmaktadır. Tek başlarına kullanıldıkları gibi ikili veya üçlü karışımlar olarak ta kullanılmaktadırlar. Propan-izobütan ve propan-bütan karışımları ev tipi soğutucularda R12 yerine alternatif olarak kullanılmaktadırlar. R12 ile kullanılan yağlarla uyum göstermektedirler. Hidrokarbonlar içerisinde propanın ucuz ve kolay temin edilebilir olmasının yanısıra hacimsel soğutma kapasitesinin R12'ye göre % 35 - 50 kadar daha yüksek olması bu soğutucuyu cazip bir alternatif olarak düşündürmektedir.

Karbondioksit:

1930' lara kadar yaygın bir soğutucu olarak kullanılan karbondioksit daha çok gemilerde tercih edilen bir madde olmuştur. Özellikle R12'nin ortaya çıkmasıyla cazibesini yitirmiş ve son 40-50 yıldır da neredeyse unutulmuştur. CO₂'nin özellikleri arasında kolay temin edilebilir olması, ucuzluğu, sıkıştırma oranının düşüklüğü sayılabilir.

Son birkaç yılda karbondioksit kullanımı ile ilgili önemli gelişmeler gözlenmiştir. Bu gelişmeler arasında araç klimaları, ısı pompaları ve ev tipi soğutucularla ilgili uygulamalar yer almaktadır.

Tablo 3'te ise bu güne kadar yaygın olarak kullanılan soğutucu maddelerin kullanım alanları ve kullanım oranları verilmiştir.

Tablo 3. Yaygın Olarak Kullanılan Soğutucuların Kullanım Alanları ve Oranları (3)(1991 verilerine göre)

Kullanım Yeri	Soğutucu	Kullanım oranları	Notlar
Ev tipi soğutucular	R12 R500	%100 -	R12'ye alternatif olarak kullanılmaktadır.
Ticari soğutucular	R12 R502 R22	%%79 %19 %13	-15 +15°C aralığında
Soğuk muhafaza ve gıda işlemesi	R12 R502 R22 Amonyak	%10 %5 %10 %60	-37°C'ye kadar olan sıcaklıklarda
Endüstriyel soğutma	R12 R13 R22 Amonyak	%18 - %40 %35	Nadiren -70°,-45°C'ye kadar ki aralıkta kullanılır.
Su veya salamura soğutucu ünite (Chiller)	R11 R12 R22	%80 %25 %30	350-10 000 kw kapasiteleri arasında santrifüj soğutucu ünitelerde. 350-4500 kw soğutma kapasiteleri arasında santrifüj soğutucu ünitelerde.
Soğuk taşıma ve klima	R12 R502 R22	%50 %50 %47	> -45 °C
Otomobil kliması	R12	%100	Maximum 82°C'ye kadar olan uygulamalarda.
Isı pompası	R12 R114 R502 R22	%46 % 1'den daha az %8 %41	Maximum 56°C'ye kadar olan uygulamalarda.

* Oranlar aynı kategoride kullanılan cihazların % kaçının sözkonusu soğutucu ile kullanıldığını belirtmektedir.

OZON TAHRİBATI

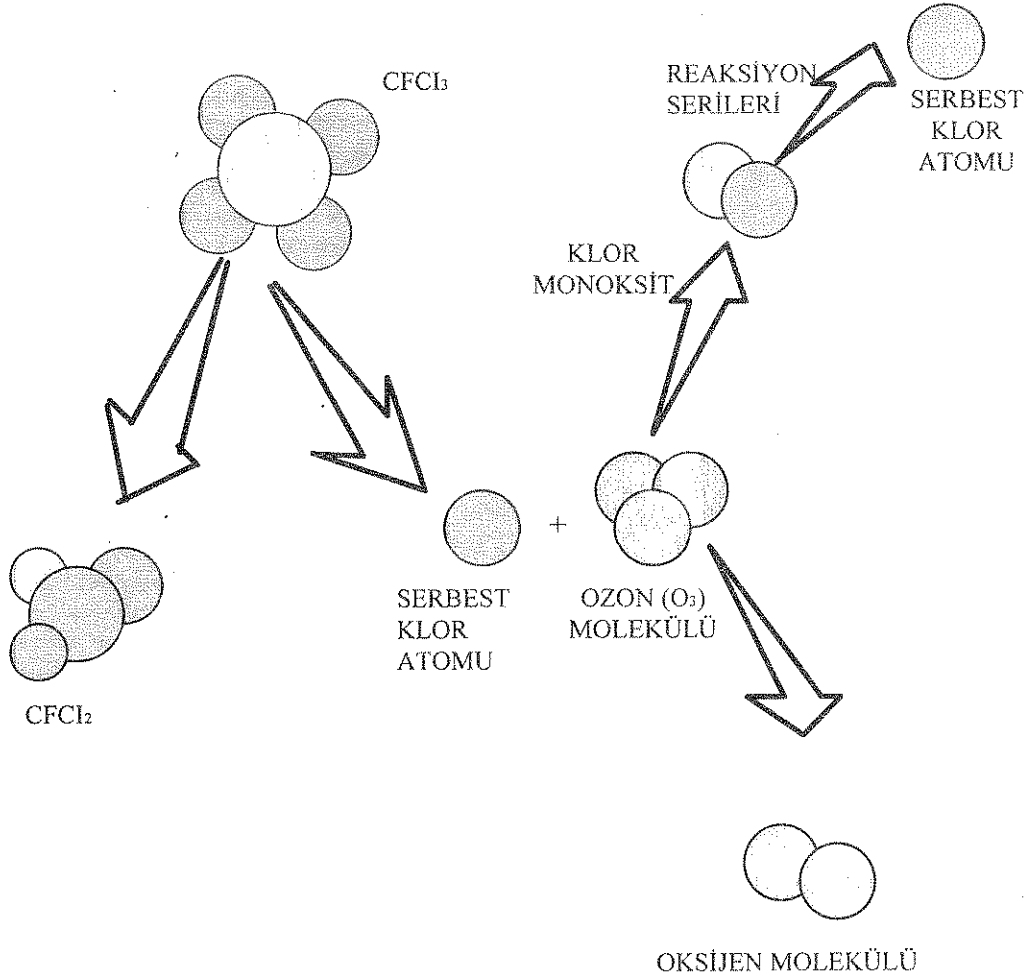
Ozon tabakası, yeryüzünden 15-20 km yükseklikte başlayan ve 25-30 km 'de maksimum yoğunluğa ulaşan ve canlıları güneşin zararlı UV-B ışınlarından koruyan bir tabakadır. Ozon tabakasının en önemli fonksiyonu stratosfere ulaşan bu zararlı güneş ışınlarını tutarak yeryüzüne ulaşmasını engellemesidir. Ozon tabakasının incilmesi veya bölgesel olarak tahrip olması nedeniyle yeryüzüne ulaşan UV-B ışınları tüm canlıları olumsuz yönde etkilemekte ve ekolojik dengeyi bozmaktadır.

Çevre sorunlarının artması ile birlikte, yapılan bilimsel çalışmalar ozon tabakasının tahribatı ve sera etkisi üzerinde birçok kanıt ortaya çıkarmıştır. Çalışmalar özellikle atmosfere yayıldığında çevresel sorunlar yaratan maddeler üzerinde odaklanmıştır.

Ozon tabakasının CFC içeren soğutucu maddeler tarafından tahrip edildiğine dair ilk teori 1974 yılında Amerika'lı bilim adamları Dr. Mario Molina ve Dr. Sherwood Rowland tarafından ortaya atılmıştır. Daha sonraki bilimsel çalışmalar CFC'lerin yanısıra halonların, karbon tetraklorürün ve metilkloroformun ozon tahribatına neden olduğunu göstermiştir. Bu teoriden yaklaşık 10 yıl sonra 1985 yılında Güney Kutbu üzerinde ilk ozon tahribatı belirlenmiş ve daha sonra aynı tahribatın Kuzey Kutbunda da olduğu gözlenmiştir. Şu an ozon kaybının yoğunlaştığı bölgeler Yeni Zelanda, Avustralya, Güney Arjantin, Güney Şili, Kuzey Amerika, Avrupa, Rusya ve Antarktikadır.

CFC'LERİN OZON'A ETKİSİ

Klor ve brom içeren bileşikler atmosfere yayıldığında güneş ışınlarının etkisi ile ayrışmakta, klor (Cl) ve brom (Br) atomları serbest kalmaktadır. Oldukça zayıf bağlara sahip olan ozon molekülleri (O₃) serbest kalan klor ve brom atomları ile reaksiyona girerek brommonoksit (BrO) ve klormonoksit'e (ClO) dönüşmektedir. Bu reaksiyon sonucu O₂ açığa çıkmaktadır. Bu reaksiyon zincirleme devam etmektedir. Açığa çıkan brom ve klor atomlarının stratosferden çıkana kadar binlerce ozon molekülünü etkilemektedir.



Ozon tabakası ve doğal çevre üzerinde etkisi olan soğutucu maddeleri aşağıdaki ana başlıklar altında sınıflandırmak mümkündür:

- 1- Bromoflorokarbonlar veya diğer adıyla Halonlar (BFC)
- 2- Kloroflorokarbonlar (CFC)
- 3- Hidrokloroflorokarbonlar (HCFC)
- 4- Hidroflorokarbonlar (HFC)

1- Bromoflorokarbonlar (Halonlar):

Karbon, flor, brom veya kıldan oluşan bileşiklerdir. Bu grupta yer alan maddelere örnek olarak Halon1301 (R13B1) verilebilir. Halonlar ozon tahribatına katkıları en fazla olan maddelerdir.

2- Kloroflorokarbonlar: (CFC)

Klor, flor ve karbondan oluşan bileşiklerdir. Ozon tahribatına katkıları halonlardan sonra en fazla olan soğutucu maddelerdir. Örnek olarak R11 ve R12 verilebilir.

3- Hidrokloroflorokarbonlar: (HCFC)

Klor, flor, hidrojen ve karbon içeren bileşiklerdir. Ozon tahribatları düşük olmakla birlikte oldukça yüksek sera etkisine sahiptirler. Bu grupta yer alan maddelere örnek olarak R22 verilebilir.

4- Hidroflorokarbonlar:(HFC)

Hidrojen, flor ve karbon içeren bileşiklerdir. Ozon üzerinde tahrip edici etkileri yoktur.

CFC İÇEREN MADDELERLE İLGİLİ ULUSLARARASI ANTLAŞMALAR VE YAPTIRIMLAR

Ozon tahribatının önlenmesine yönelik ilk uluslararası girişim 1985 yılında UNEP (Birleşmiş Milletler Çevre Programı) öncülüğünde imzalanan Viyana Sözleşmesi'dir. Bu sözleşme taraf ülkelere yükümlülük vermektten çok bu olayı gündemde tutmaya yönelik tavsiyeler içermektedir. 1987 Eylül ayında başta ABD, Japonya, Sovyetler Birliği ve Avrupa Topluluğu ülkelerinin bulunduğu 43 ülkenin katılımı ile Montreal Protokolü imzalanmıştır. Montreal Protokolü'ne taraf olan ülkeler ozon tahribatına neden olan maddelerin kullanım miktarlarını 1986 yılı verilerine dayanarak kullanılan toplam miktarın 1995'te % 50, 1997'de % 85 azaltılmasını ve 2000 yılında tamamen kaldırılmasını kabul etmişlerdir. Montreal Protokolü'ne imza atan ülke sayısı 1992'de 80'e, 1994'te 134'e, 1995'te 150'ye ulaşmıştır. Montreal Protokolü'nün zaman içinde gelişen teknoloji ve değişen bilimsel verilere göre güncellenmesi düşünüldüğünden Haziran 1990'da protokole imza atan ülkeler Londra'da yeniden toplanmıştır. Bu toplantıda kloroflorokarbonların ve halonların kullanımı ve üretimlerinin 2000 yılından önce durdurulmasına ve karbondioksit ve metilkloroformun kontrol kapsamına alınmasına karar verilmiştir. (3) Aynı toplantıda gelişmekte olan ülkelerin mali ve teknik yardıma olan ihtiyaçları nedeniyle çok taraflı fon oluşturulması (Multilateral Fund- MF) kararı verilmiştir. Bu fonun Montreal Protokolü 5. maddede tanımlanan (Article 5. Countries) ülkelerin tamamını desteklemesi öngörüldü. UNEP (Birleşmiş Milletler Çevre Programı) UNDP (Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı), Dünya Bankası ve UNIDO (Birleşmiş Milletler Sanayi Kalkınma Örgütü) bu fonun kullanımına yetkili kıldılar. Kasım 1992 tarihinde Kopenhag'da yapılan toplantı ile gelişmiş ülkelerdeki (Non - article 5 countries) çeşitli OTİM'ler ile birlikte metilbromür ve HCFC'lerin kullanımdan kalkma tarihlerinin öne çekilmesi ve gelişmekte olan ülkelerin mali desteklerine devam kararı alınmıştır. 1993 yılında gerçekleşen Bangkok toplantısında 1994-1996 periyodu için çok taraflı fon bütçesi 510 milyon \$ olarak kabul edilmiştir.

ÜLKELERİN CFC İÇEREN GAZLARLA İLGİLİ ANTLAŞMA VE YAPTIRIMLARA YAKLAŞIMI

Montreal Protokolü'ne imza atan ülkeler protokolün öngördüğü yaptırımlara ilave olarak kendi ulusal politikaları doğrultusunda yeni programlar geliştirmekte ve uygulamaktadırlar. Bu yüzden her ülkede CFC tüketim miktarlarındaki azalma oranı farklılıklar göstermektedir.

Gelişmiş ülkeler grubunda yer alan ABD, Japonya ve AB ülkelerinin 1986-1993 yılları arasındaki CFC içeren soğutucu madde tüketim oranları bu konuya ışık tutacak niteliktedir. (4) 1993-1996 yılları arasında tüketim miktarlarında

ABD'de 132 kt'dan 65 kt'ya düşerek %50 azalma,

Japonya'da 24.3 kt'dan 17 kt'a düşerek %33 azalma, görülmüştür.

Buna karşılık AB ülkelerinde ise bu maddelerin 29.9 kt'dan 35.6 kt'a yükselerek % 20 artma gözlenmiştir.

Bu farklılığın başlıca sebebi hükümet programlarındaki büyük farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Bazı hükümetler en sert tedbirleri alarak yüksek vergiler koymuşlar, boşluk yaratmayacak yasal düzenlemeler getirmişler, Montreal Protokolü'nün öngördüğü miktarların da altında bir temin kısıtlanması öngörmüşler ve daha güvenli alternatiflerin kullanımını teşvik etmişlerdir(4).

Ülkelerin Montreal Protokolü'nde öngörülen tarihler içinde kalmak kaydıyla CFC ve HCFC'ler için farklı tarih uygulamalarında değişik etkenler rol oynamaktadır. Bunlar arasında ülkelerin çevre politikaları, o ülkede kullanılan mevcut CFC'li cihaz sayısı ve alternatif soğutucu madde temin olanakları, soğutucu madde dönüşüm maliyetleri diğer ülkelere göre ticari konumları ve ekonomik görüşleri sayılabilir.

Bu konuda fikir vermesi açısından Avustralya, Danimarka ve ABD'de CFC içeren maddelere uygulanan vergilere bakmak yararlı olacaktır. (2)

Avustralya : 0.174 \$/ kg (Bütün üretim ve ithalatlarda)

Danimarka : 5.45 \$/ kg (bütün CFC kullanımlarında)

ABD: 11.77 \$ / kg (üretim ve ithalatta)

Bu vergi oranları ODP değeri (ozon tüketim katsayısı) 1.0 olan maddeler için geçerlidir. Vergi ODP oranına bağlı olarak değişmektedir. *

*Rakamlar 1995 yılına aittir (2).

ALTERNATİF SOĞUTUCU MADDELER

1987 yılında imzalanan Montreal Protokolü ile soğutucu maddeler için yeni bir dönem başlamıştır. Soğutucu olarak kullanılan maddelerin çevreye olan etkileri bilimsel çalışmalarla ortaya çıktıkça kullanım şekillerinde de değişiklikler başlamıştır. Çevreye daha az zarar veren veya hiç vermeyen alternatiflere yönelinmiştir.

Çevre etkisi açısından ön sırada yer alan ve ozonu tahrip etmeleri nedeni ile kullanımları kısıtlanan veya tamamen durdurulan soğutucu maddeler ve bunların yerine kullanılacak olan alternatifleri Tablo 4' te verilmiştir. Ozon tahribatı en yüksek olan CFC içeren soğutucu maddelere alternatif olarak öngörülen ve uygulanan veya uygulanacak olan alternatifler arasında HCFC'ler, HFC'ler , amonyak ve hidrokarbonlar yer almaktadır. HCFC'ler ve HFC'ler tek başlarına kullanıldığı gibi farklı özellikte karışımlar elde edilerek de kullanılmaktadır.

Tablo 4. CFC içeren soğutucu gazlarla ilgili alternatifler

sıcaklık aralığı	kullanımdaki soğutucu maddeler	alternatif soğutucu maddeler
< - 8°C	Hidro karbonlar (HC)	Hidro karbonlar (HC)
-80°C-45°C	R13 R503 R13B1 HC	R23 R32* R404A* R407B* R507* HC, R22**
>-45°C	AMONYAK R22 R502 HC	AMONYAK R22 R404A R407A-B R410A/R507 HC R134a**
>-30°C	AMONYAK R22 R12 R500 HC	AMONYAK R22 R134a R404A R407A/B R410A / R507 HC
>0°C	AMONYAK R22 R12 R500 R11 HC	AMONYAK R22 R123 R134a HC

* >-60°C

** Düşük sıcaklıklarda çok kademeli santrifüj devrelerde kullanılabilir.

SOĞUTUCU MADDELERLE İLGİLİ BAZI KAVRAMLAR

CFC içeren soğutuculara alternatif araştırmaları esnasında maddelerin bilinen birçok özelliği yeniden önem kazanmış ve bu özelliklerin yanı sıra birçok yeni özellik ve kavram da ortaya atılmıştır. Bu çerçevede önceki bölümlerde değinilmiş olan ve ileride anlatılacak konularda da bahsi geçecek kavramları burada açıklamak uygun olacaktır:

ODS (Ozone Depleting Substance):

Ozon Tabakasını İncelten Madde (OTİM)

ODP (Ozone Depletion Potential):

Ozon tahribatına neden olan soğutucu maddelerin ozon tüketme potansiyeli; Bu değer R11 referans alınarak belirtilmektedir. R11'in ozon tüketme potansiyeli 1.0 kabul edilmektedir. Yarı ampirik bir metotla hesaplanır. Hesap yöntemi UNEP/ WMP Science Assesment Report / 1991'de yayınlanmıştır. (3)

GWE (Global Warming Effect):

Küresel ısıtma etkisi; Atmosferde bulunan gazların yeryüzünden yansıyan kızılötesi ışınları emerek yeryüzü sıcaklığını artırma etkisidir. Bu etki sera etkisi olarak da adlandırılmaktadır.

GWP (Global Warming Potential):

Küresel ısıtma potansiyeli; Soğutucu maddelerin veya benzer gazların küresel ısınmaya (sera etkisine) katkı gücü. Küresel ısıtma potansiyeli CO₂ referans alınarak 100 yıllık bir süreye göre belirlenmektedir. CO₂ için bu değer 1.0 dir. Hesap yöntemi UNEP/ WMP Science Assesment Report / 1991'de yayınlanmıştır. (3)

TLV (Treshold Limit Value):

Zehirlilik sınır değeri; Zehirli bir gazın mevcut olduğu bir ortamda bulunan insanların uzun bir süre etkilenmeden kalabilecekleri ortam koşullarını yansıtır. TLV, ppm olarak ifade edilmektedir. (Parts per million volume concentration in air) TLV, ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienis) tarafından kabul edilmiştir.

ASHRAE(ASHRAE STANDARD34,1989) soğutucuların yanmazlık özelliğini iki kategoride değerlendirmektedir.

Birincisi:

LFL (Lower Flammability Limit):

Tutuşma Alt sınırı; ASTM E 681-85 tarafından belirli koşullarda yanıcı ve yakıcı gazların homojen karışımında alev başlatabilecek minimum yanıcı madde konsantrasyonu olarak tanımlanmıştır.

İkincisi:

Delta hcomb. (Heat of Combustion)

Yanma ısı; CO₂, HF, Cl₂ ve H₂ O'yu yanma sonucu çıkan ürünler olarak kabul edip hesaplanır. Negatif veya çok düşük değerler oksijen ile reaksiyonun çok zor olduğunu ifade eder.

COP: (Coefficient of Performance):

Performans Katsayısı; Soğutma tesisinin soğutma kapasitesinin tükettiği enerjiye oranıdır.

COP= Q₀/P formülüyle ifade edilebilir. Burada:

Q₀ : Soğutma tesisinin KW cinsinden kapasitesi,

P : Soğutma tesisinin KW cinsinden harcadığı güçtür.

Volumetric Refrigerating Capacity:

Hacimsel Soğutma Kapasitesi; Bu değer bir soğutucu maddenin özgül buharlaşma entalpisinin doymuş buhar özgül hacmine oranıdır. Bu oran ne kadar büyük ise kullanılacak sistem kompresörü o oranda küçük olacaktır.

Pure Substance:

Saf madde; Tek bir kimyasal yapıya sahip olup zaman içerisinde bozunmayan ve termodinamik ve fiziksel özellikleri değişmeyen maddedir.

Mixture / Blend:

Karışım: İki ya da daha fazla kimyasal maddenin fiziksel olarak karıştırılmasıyla elde edilen maddedir. Karışımlar saf maddeler gibi tek başlarına muhtelif uygulamalarda soğutucu olarak kullanılırlar. Ancak karışımların açık kompresörü sistemlerde kullanılmasında kaçaklardan dolayı karışım oranlarının zaman içerisinde değişmesi (Fractination) sorun yaratmaktadır. Bu yüzden karışımlar istenilen özelliklerin sağlanması açısından önemli olmasına rağmen sadece hermetik ve büyük sistemlerde uygun kullanım alanı bulmaktadırlar. Ayrıca karışımlar büyük ölçüde HCFC ve HFC içeren maddelerden oluşmaktadır. HFC ve HCFC'lerde 2030 yılına kadar kullanımlarına izin verilen maddelerdir.

Azeotrope:

Azeotrop; Farklı uçuculuğa sahip maddelerden oluşan bir karışım olup, soğutma çevriminde kullanıldığında, sabit basınç altında buharlaşma ve yoğuşma esnasında hacimsel bileşimi ve doyma sıcaklığı değişmeyen karışımdır.

Zeotrope:

Zeotrop; Farklı uçuculuğa sahip maddelerden oluşan bir karışım olup, soğutma çevriminde kullanıldığında, sabit basınç altında buharlaşma ve yoğuşma esnasında hacimsel bileşimi ve doyma sıcaklığı değişen karışımdır.

Temperature Glide:

Sıcaklık Kayması: Zeotrop bir karışımın, soğutma çevriminde sabit basınç altındaki buharlaşma ve yoğuşma süreçlerinin başlangıcından bitişine kadar sıcaklığında meydana gelen farktır. Azeotrop bir karışımda veya saf maddelerde bu sıcaklıklar proses boyunca teorik olarak sabittir. Ancak buharlaştırıcı veya yoğuşurucu içerisinde meydana gelen basınç kaybı nedeniyle azeotrop karışımlarda veya saf soğutucu maddelerde de buna benzer bir sıcaklık değişimi olmaktadır.

Near Azeotrope:

Yakın Azeotrop: Sıcaklık kayması ihmal edilecek derecede az olan zeotropik bir karışımdır.

Fractination:

Ayrışma: Zeotropik bir karışım içerisindeki daha fazla uçucu maddelerin buharlaşması veya daha az uçucu maddelerin yoğuşması nedeniyle karışım oranlarının değişmesidir. Bu değişim bir sistemden kaçak olması halinde meydana gelmektedir. Bu yüzden zeotropik soğutucu madde ile şarjlanmış sistemlerin kaçaksız şekilde imal edilmesi çok önemlidir. Ayrıca siteme zeotropik madde şarjının gaz olarak yapılmaması ve mutlaka sıvı halde yapılması gereklidir.

NBP (Normal Boiling Point):

Normal kaynama noktası; Bir maddenin normal atmosferik basınç (1 atmosfer) altındaki kaynama sıcaklığıdır.

Critical Point:

Kritik Nokta: Bir maddenin sıvı ve gaz hallerinin birleştiği basınç ve sıcaklık şartıdır. Kritik noktada maddenin sıvı özellikleri ile gaz özellikleri birbirinin aynıdır. Kritik nokta şartını belirleyen basınç ve sıcaklık değerleri de o maddenin Kritik Basıncı ve Kritik Sıcaklığı olarak adlandırılır.

ALTERNATİF SOĞUTUCU MADDE SEÇİMİNİ ETKİLEYEN UNSURLAR

Alternatif soğutucu madde seçiminde göz önünde bulundurulacak hususlar, seçilecek alternatifin mevcut bir cihazda kullanılan soğutucu madde yerine, veya tamamen yeni tasarlanıp imal edilecek bir cihaz için kullanılması durumuna göre değişiklik gösterecektir.

Alternatif soğutucu seçiminde gözütülecek kriterler şunlar olmalıdır:

1- Temin edilebilirlik:

Alternatif soğutucu maddeler listesinde yer alan ve saf olarak kullanılan tüm maddeler hemen hemen tüm üreticiler tarafından üretilmektedir. Ancak performans özelliklerini ve verimini artırıcı özellikleri eklemek amacıyla yapılan karışımlarda henüz bir standarda ulaşılammıştır. Ve çok sayıda soğutucu madde ve kompresör üreticisi değişik karışımları denemektedir. Ancak oluşturulan karışımlar tamamen HCFC içerdiğinden 2030 yılına kadar kullanılma şansı bulabileceklerdir. Bu yüzden bunlarında alternatifinin bulunması gerekecektir.

2- Termodinamik ve fiziksel özellikler:

Gerek yeni tasarım ve imalatlarda ve gerekse de dönüşümlerde soğutucunun çevrimsel performans ve verimi önemli bir husustur. Dönüşümlerde alternatif soğutucu maddenin termodinamik özellikleri bu açıdan incelenmeli mevcut soğutucuya en yakın alternatif seçilmelidir. Yeni tasarımlarda ise uygulamaya göre optimum verim sağlayacak alternatif seçilmelidir.

3- Yanma özellikleri:

Hidrojen içeren tüm bileşiklerde belirli oranlarda yanma özelliği vardır. Bu nedenle HCFC ve HFC'den oluşan karışımlarda ortaya çıkan yanıcı özellikler farklı karışım oranları ve yanma özelliğini azaltan başka maddelerin ilavesi ile giderilmeye çalışılmaktadır. Saf olarak kullanılan ve yanıcı olan Hidrokarbonların yaygın kullanımı bu yüzden düşünülmemektedir. Soğutucu olarak kullanılan soğutucu maddelerin yanma özellikleri Tablo 6 'da verilmiştir.

4- ODP değerleri:

Ozon Tüketim Katsayıları : Ozon tahribatına neden olan Cl ve Br içeren tüm soğutucular değişen oranlarda ozon tahribatına neden olmaktadır. Montreal Protokolü kapsamında üretimleri durdurulan CFC ler yüksek ODP değerlerine sahip maddelerdir. Ancak HCFC ler de ozon tüketme potansiyeline sahip olmalarına rağmen bu oran çok düşük olduğundan 2030 yılına kadar denetim altında olmak kaydı ile kullanılmalarına izin verilmiştir. Soğutucuların ODP değerleri Tablo 6'da verilmiştir.

5- GWP değeri:

Ozon tahribatının yanısıra çevre açısından gündeme gelen bir başka zararlı etki de sera etkisidir. Küresel Isıtma Etkisi olarak tanımlanan bu değer de soğutucu seçiminde önemli bir etkidir. Soğutuculara ait değerler Tablo 6'da verilmiştir.

6- Fiyat:

Teknik olarak alternatif soğutucu maddeler mevcut soğutucu maddelere uygun olarak üretilse bile ticari anlamda önem kazanmaları maliyetlerine bağlı olmaktadır. Yaygın olarak kullanılan soğutucuların fiyat katsayıları Tablo 5'te verilmiştir. (4) (R12 baz kabul edilmiştir.)

Tablo 5.

R12	R22	R134a	R152a	R717 (Amonyak)	R290 (Propan)	R744 (Karbondiyoksit)
1	1.5	3-5	1	0.2	0.4	0.1

7- Zehirlilik özellikleri:

Yeni soğutucular zehirsiz olmalı (TLV>400ppm)

8-Malzeme uyumu:

Seçilen soğutucu halen kullanılmakta olan kompresör ve diğer sistem elemanlarının malzemeleri ile uyumlu olmalıdır.

9-Yağ değişimi ve yağlarla uyum:

CFC içeren soğutucuların alternatifleri ile değiştirilmesi beraberinde yağ değişim sorununu da getirmiştir. Halen CFC içeren soğutucu maddelerle birlikte kullanılan mineral yağların HFC içeren soğutucu maddelerle sorun yarattığı belirlenmiştir. Bu bölümde R12 ve R134a dönüşümünde kullanılan yağlar incelenecektir.

a- Yağ Özellikleri:

Sistemdeki yağın kompresöre geri dönüşünün sağlanması açısından önemli bir yağ özelliği, soğutucu akışkan içinde eriyebilmesidir. Yağın yeteri kadar kompresöre dönmemesi kompresör arızalarına ve genişleme valfi ve serpantinler üzerinde birikimlere neden olmaktadır. Bu da verim düşüklüğü yaratmaktadır. Bu nedenle R12 içinde eriyebilen mineral yağlar aynı özelliği R134a içinde gösterememektedir. R134a için önerilen yağlar Polialkalin Glikol (PAG) veya Poliolester bazlı yağlardır.

b- Nem Çekme Özelliği:

Gerek R134a gerekse poliolester bazlı yağlar, R12 ve mineral yağa göre daha yüksek nem çekme özelliğine sahiptir. Bu nedenle R12 - R134a dönüşümünde kurutucu filtre ve malzemesinin de değişmesi gerekmektedir. Kurutucu malzeme %10-20 oranında artırılmalıdır.

c- Kimyasal Uyum:

R134a'ya ve poliolester yağa geçildiğinde R12 ile uyumlu birçok malzemenin de değiştirilmesi gerekmektedir. Bunlar arasında O ringler, contalar ve diğer yalıtım malzemeleri sayılabilir. NBR (Nitril Bütadien Kauçuk) , HNBR (Hidrojene Nitril Bütadien Kauçuk), Neopren ve naylon, poliolester bazlı yağlar ve R134a için uygun malzemeler olarak kabul edilmektedir. Polialkalin Glikol yağlarla kullanılan NBR ve HNBR dayanıklılık yönünden sorun yaratırken etilen propilen kauçuk ve IIR (İzobütilen İzopren Kauçuk) yüksek dayanım göstermiştir. Nem oranı 200 mg/kg 'yi aştığında karbon asitlerinin oluştuğu belirlenmiştir. (4) Asit ve nem oranının artması bakır yüzeylerde ve kompresörlerde özellikle yüksek sıcaklıklarda aşınmaya neden olmaktadır.

Sistemdeki nemi mümkün olduğunca aza indirmek için;

Temizlik ve kaçak kontrolü için kuru azot kullanılması.

Poliolester yağların hava ile uzun süre temasının önlenmesi.

Poliolester yağların sisteme konmadan önce 50-60°C'ye kadar ısıtılması.

Sisteme soğutucu madde şarjından önce hava, nem ve diğer soğutucu maddelerin tahliyesi için etkin bir vakum yapılması (Önerilen tutma basıncı 1.5 mbar)

Sisteme kurutucu filtre ve nem göstergesi konulması yararlı olacaktır.

Bunlara ilaveten seçilen yağ mevcut yağ kontrol sistemine uygun olmalıdır.

Alternatif soğutucu madde seçiminde kullanılacak kriterlerle ilgili bazı rakamsal büyüklükler Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Soğutucu Olarak Kullanılan Maddelerin Fiziksel ve Termodinamik Özellikleri:

soğutucu madde	mol ağırlığı Kg/Kmol	normal kaynama sıcaklığı °C	kritik sıcaklık °C	kritik basınç PC bar	TLV ppm	LFL %	Delta h _{comb.} MJ/Kg	ODP	GWP (100 yıllık)
R 11	137.37	23.8	198	44.1	1000	0	0.9	1	3400
R 12	120.91	-29.8	111.8	41.1	1000	0	-0.8	1	7100
R 13	104.46	-81.4	28.8	38.7	1000	0	-3.0	-	-
R 22	86.47	-40.8	96.2	49.9	1000	0	2.2	0.055	1600
R 23	70.01	-82.1	24.3	4.87	1000	0	-12.5	0	12100
R 32	52.02	-51.7	78.2	5.8	1000	14	9.4	0	580
R113	187.38	47.6	214.1	3.44	1000	0	0.1	0.8	5000
R114	170.92	3.8	145.7	32.5	1000	0	-3.1	0.8	7000
R115	154.47	-39.1	79.9	3.15	1000	0	-2.1	0.6	9300
R123	152.93	27.9	183.8	36.7	10-100	0	2.1	0.02	90
R125	120.02	-48.1	86.3	3.63	1000	0	-1.5	0	3200
R134a	102.03	-26.1	101.1	40.6	1000	0	4.2	0	1200
R141b	116.95	32.0	204.7	-	500	7.4	8.6	0.11	590
R143a	100.04	-24.1	104.9	3.59	1000	7.4	10.3	0	360
R152a	66.05	-24	113.3	4.52	1000	4.8	16.9	0	150
R290 Propan	44.10	-42.1	96.8	42.6	s.a.	2.1	50.3	0	3
R401A	94.44	-33.1	108	9.6	-	0	-	0.037	-
R402A	101.55	-49.2	75.5	4.13	1000	0	-	0.021	-
R404A	97.60	-46.5	72.1	3.73	1000	0	-	0	-
R407A	90.010	-45.5	82.6	4.54	1000	0	-	0	-
R407B	102.94	-47.3	76.0	-	1000	0	-	0	-
R410A	72.56	-50.5	72.5	4.96	1000	0	-	0	-
R500	99.33	-33.8	105.5	44.3	1000	0	-	0.7	5400
R502	111.65	-46.6	82.2	40.8	1000	0	-	0.3	4300
R507	98.90	-46.7	70.9	3.79	-	0	-	0	-
R600 Bütan	58.13	-0.4	152	3.8	800	1.5	49.5	0	3
R600a İzobütan	58.13	-11.7	135	3.65	-	1.7	49.4	0	3
R717 Amonyak	17.03	-33.3	132.3	113.3	25	15.0	22.5	0	0
R718 Su	18.02	100	374.2	22.1	-	-	-	0	0
R744 CO2	44.01	-78.4 subl.*	31.1	73.7	5000	0	0	0	1
R764 Sülfürdioksit	64.07	-10.0	157.5	7.88	2	0	-	0	-

s.a. : simple asphyxiant ; solunum gücünü yaratan madde.

*subl. : sublimleşme sıcaklığıdır.

TÜRKİYE 'DE DURUM

Montreal Protokolü'ne 20 Eylül 1991 tarihinde imza atan Türkiye, ozon tüketen madde tüketiminde yıllık kişi başına 0.3 kg ile gelişmekte olan ülkeler grubunda (Article 5 Country) yer almaktadır. (2) Türkiye Montreal Protokolü'nde öngörülen sürelerle göre 2010 yılında CFC tüketimini sıfırlayacaktır. Gelişmiş ülkelere göre bu tarih 10 yıllık ek bir süre anlamına gelmektedir. Türkiye ile birlikte gelişmekte olan ülkelere uygulanan OTİM'lerin üretim ve kullanım miktarları ile ilgili kısıtlama programı şöyledir.

R11, R12, R113, R114, R115:

1-Ocak 2005: 1986 miktarının %50'sinden fazla olmayacak.

1-Ocak 2007: 1986 miktarının %15'inden fazla olmayacak.

1-Ocak 2010: Kullanım sonu.

HALONLAR: 1211, 1301, 2402:

- 1-Ocak 2002: 1986 miktarından fazla olmayacak.
- 1-Ocak 2005: 1986 miktarının %50'sinden fazla olmayacak
- 1-Ocak 2010: Kullanım sonu.

R13, R111, R112, R211, R213, R214, R215, R216, R217 Gazları için:

- 1-Ocak 2003: 1989 miktarının %80'inden fazla olmayacak.
- 1-Ocak 2007: 1989 miktarının %15'inden fazla olmayacak
- 1-Ocak 2010: Kullanım sonu.

Karbondioksit:

- 1-Ocak 2005: 1989 miktarının %15'inden fazla olmayacak.
- 1-Ocak 2010: Kullanım sonu.

Metilkloroform:

- 1-Ocak 2003: 1989 miktarından fazla olmayacak.
- 1-Ocak 2005: 1989 miktarının %70'inden fazla olmayacak.
- 1-Ocak 2010: 1989 miktarının %30'undan fazla olmayacak.
- 1-Ocak 2015: Kullanım sonu.

Türkiye'de OTİM'lerin azaltılması ile ilgili çalışmalar Çevre Bakanlığı ve TTGV tarafından sürdürülmektedir. Dünya Bankası kanalı ile Çok Taraflı Fon (MF) 'dan sağlanan ve OTİM'lerin azaltılması projelerinde kullanılan krediler için öncülük görevini TTGV üstlenmiştir. OTİM'lerin azaltılmasına yönelik dönüşüm projelerinin hazırlanması (alternatif maddelerin ve teknolojilerin dönüşümü) Dünya Bankası aracılığı ile Montreal Protokolü Yürütme Kuruluna projelerin sunulması ve Çok Taraflı Fon'dan kaynak sağlanması, onaylanan projelerin uygulanmasının takibi gibi çalışmalar TTGV tarafından yürütülmektedir. Çevre Bakanlığı tarafından da OTİM'lerin azaltılmasına yönelik politikaların geliştirilmesi ve oluşturulması, düzenleme ve yönetmelikler hazırlanması, OTİM'lerin kullanılmasını azaltan vergilendirme sisteminin geliştirilmesi, OTİM ithalatının kontrol altında tutulması amacıyla izleme ve lisanslama, kullanımı sınırlama, geliştirme çalışmalarının yapılması, ozon panellerinin ve halkı bilinçlendirme kampanyalarının düzenlenmesi gibi faaliyetler yürütülmektedir. Tüm bu faaliyetler için Dünya Bankası aracılığı ile yaklaşık 20 milyon \$ destek sağlanmıştır. Şu ana kadar Bu proje kapsamında bu fondan buzdolabı üreticisi 4 firma desteklenmiş olup soğutma ve köpük sektöründen 5 firmanın projeleri kabul edilmiş durumdadır. Ayrıca değişik sektörlerden 8 firma da proje hazırlığındadır. Destek sağlanan ve sağlanacak sektörler arasında soğutma, köpük, yangın söndürme, çözücüler ve aerosol yer almaktadır. OTİM'lerin Türkiye'de tutulan kayıtları çok sağlıklı olmamakla beraber genel tüketim eğilimini yansıtmaları açısından 1986- 1994 yılı arasındaki tüketim miktarları Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Türkiye'de CFC Tüketim Miktarları:

1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
3136 ton	4041 ton	4019 ton	3210 ton	4923 ton	4314 ton	5516 ton	5394 ton	4234 ton	3162 ton

Tüketim miktarlarında 1992 yılından itibaren bir azalma görülmektedir. Montreal Protokolü kapsamında Türkiye'nin alacağı önlemler hesaba katılmadığında tahmini olarak CFC içeren madde ihtiyacı 2008 yılında 3415 ton, 2010 yılında ise 4630 ton olacaktır. Bu yüzden Montreal Protokolü kapsamında alınacak acil önlemlerin önemi daha da belirginleşmektedir. Gelecekteki ağırlıklı tüketim talebinin karbondioksit, halon ve trikloreten olacağı, diğer CFC'lerin sabit kalacağı veya azalacağı tahmin edilmektedir. (2)

DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Tüm dünyada alternatif soğutucu araştırmaları, soğutucu madde üreticileri, kompresör üreticileri, üniversiteler ve soğutma sektörü ile ilgili kurumlar tarafından yürütülmektedir. Araştırmalar özellikle ozon tahribatı oldukça düşük düzeyde olan HCFC karışımları üzerinde yoğunlaşmıştır. Ancak HCFC içeren soğutucuların da 2030 yılında kullanımdan kalkacak olması bu konuda yapılacak araştırma ve yatırımlar için soru işareti oluşturmaktadır. Halen bu konudaki öncülük büyük kompresör üreticileri ve soğutucu madde üreticilerindedir. Bünyelerinde sanayi devleri sayılabilecek soğutucu madde üreticileri ve kompresör üreticilerini barındıran gelişmiş ülkelerin alternatif önerirken çevresel etkileri gözetmekle birlikte kendi ekonomik ve ticari çıkarlarını ön planda tutacağı kesindir.

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de soğutucu maddelerle ilgili gelişmeler tüm kurumlar, kuruluşlar tarafından yakından izlenmektedir. Türkiye'nin de içinde bulunduğu gelişmekte olan ülkeler alternatif soğutucu madde kullanımı ile ilgili politikalarını çok dikkatli oluşturmak zorundadırlar. Çok ciddi bir araştırma ile kullanılmakta olan cihaz potansiyeli, servis ihtiyaçları, kalan ömürleri belirlenmeli ve alternatif konusunda tüm kullanıcılar bilinçlendirilmelidir. Alternatif soğutucu maddelerin kullanımı ile ilgili üniversiteler ve özel sektör kuruluşlarının ortak araştırma ve geliştirme projeleri desteklenmelidir.

OTİM kullanımında miktar olarak alt sıralarda yer almalarına rağmen Türkiye ve diğer gelişmekte olan ülkeler ekonomik olarak dışa bağımlılıkları nedeniyle en fazla etkilenecek ülkelerdir. Belirli bir program dahilinde alternatif soğutucu maddelere geçiş veya mevcut soğutucu maddelerin geri kazanımı ve kullanımı konusunda seçim çok özenli yapılmalıdır.

Ülkelerin uyguladığı farklı yaklaşımlar sonucunda 1986-1990 yılları arasında CFC tüketimindeki değişim oranları farklılıklar göstermiştir. Bazı ülkelerin CFC tüketim miktarları ve tüketimlerindeki değişim oranları Tablo 8'te verilmiştir.

Tablo 8. Ülkelerin CFC tüketim oranları (1986-1990)

ülke	tüketim miktarı ton		değişim oranı %	CFC fiyatı
	1986	1990		
yıl	1986	1990		
Kore	11.632	28.265	+43	3,20-3,15 \$/kg
Tayvan	10.337	6822	-34	-
Malezya	2597	2700	+4	2,02 \$/kg
Tayland	2520	7282	+189	2,25 \$/kg
Türkiye	3136	4923	+57	3 \$/kg
Almanya	84.000	37.000	-56	-

Aynı dönem içinde büyük bir soğutucu madde üreticisi ve ihracatçısı olan Almanya'daki CFC üretimi 125597 tondan 80683 tona düşmüştür. Ülkelerin aldıkları önlemlerle CFC kullanımını azaltma programlarında hedeflerine ne ölçüde vardıklarına dair Hollanda örneği verilebilir. (2)

Tablo 9.

yıllar	Gerçekleşen CFC tüketimi					Hedeflenen CFC tüketimi		
	1986	1990	1991	1992	1993	1992	1993	1995
Toplam CFC kullanımı (ton)	14321	7764	7031	5642	2151	3826	577	0
Kullanım daki azaltma oranı	%0	%46	%51	%61	%85	%73	%96	%100

Sonuç olarak, halen Türkiye'deki OTİM'lerle ilgili çalışmalarda öncülük görevi üstlenen Çevre Bakanlığı ve TTGV'nin daha etkin bir çalışma sergilemesi ve tüm ilgili kuruluşların bilinçlendirilmesine yönelik programlar yapılması yararlı olacaktır. Bu konuda tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de büyük bir Pazar oluşacağından ticari tercihlerle yanlış yönlere gidilmesini önleyecek tedbirler alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Ozon Tabakasının Korunması, TTGV, Ağustos 1995
- [2] ODS Phaseout In Turkey A Stragegy Document
METROECONOMICA LTD. Economic Consultant
- [3] Technologies For Protecting the Ozone Layer, Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pump Catalogue, UNEP, July 1994
- [4] UNEP 1994 Report of The Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Option Committee 1995 Assesment
- [5] The CFC Report, COPELAND, May 1993
- [6] JARN, January 1996
- [7] İstanbul Sanayi Odası Dergisi, Temmuz 1986

ÖZGEÇMİŞ

1950 yılında Denizli'de doğdu. 1973 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'ni bitirdi. Aynı yıl Teba Şirketler Grubu'nda Makina Yüksek Mühendisi olarak göreve başladı. Proje, ARGE ve üretim birimlerinde görev yaptı. 1979 yılında Teba şirketler Grubu bünyesinde kurulan SİSAŞ Soğutma ve İklimlendirme Sanayi A.Ş.'nin Fabrika Müdürlüğüne atandı. Halen Teba Şirketler Grubu'na bağlı ENTE Endüstri ve Tesisat A.Ş.'de Genel Müdür olarak görevini sürdürmektedir.